

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 4322109	A1	19950112	DE 4322109	A	19930702	199507 B
WO 9501532	A1	19950112	WO 94EP2156	A	19940701	199508
EP 657011	A1	19950614	EP 94923708	A	19940701	199528
			WO 94EP2156	A	19940701	
US 5522723	A	19960604	WO 94EP2156	A	19940701	199628
			US 95392892	A	19950301	
JP 8507363	W	19960806	WO 94EP2156	A	19940701	199702
			JP 95503281	A	19940701	
CN 1111914	A	19951115	CN 94190459	A	19940701	199737
EP 657011	B1	19990120	EP 94923708	A	19940701	199908
			WO 94EP2156	A	19940701	
DE 59407692	G	19990304	DE 507692	A	19940701	199915
			EP 94923708	A	19940701	
			WO 94EP2156	A	19940701	
ES 2129659	T3	19990616	EP 94923708	A	19940701	199930
RU 2125204	C1	19990120	RU 95112038	A	19940701	200020
DE 4322109	C2	20010222	DE 4322109	A	19930702	200111

Priority Applications (No Type Date): DE 4322109 A 19930702

Cited Patents: 03Jnl.Ref; EP 256322; EP 261622; JP 58140511; JP 59049403; JP 61250409; US 5165884

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 4322109	A1	13	F23D-014/02	
WO 9501532	A1 G	26	F23C-011/00	
Designated States (National): CN JP RU US				
Designated States (Regional): AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE				
EP 657011	A1 G		F23C-011/00	Based on patent WO 9501532
Designated States (Regional): AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI NL PT SE				
US 5522723	A	13	F23D-014/12	Based on patent WO 9501532
JP 8507363	W	29	F23C-011/00	Based on patent WO 9501532
CN 1111914	A		F23C-011/00	
EP 657011	B1 G		F23C-011/00	Based on patent WO 9501532
Designated States (Regional): AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI NL PT SE				
DE 59407692	G		F23C-011/00	Based on patent EP 657011
				Based on patent WO 9501532
ES 2129659	T3		F23C-011/00	Based on patent EP 657011
RU 2125204	C1		F23D-014/16	
DE 4322109	C2		F23D-014/16	

Abstract (Basic): DE 4322109 A

The burner comprises a housing (1) including a burning chamber which has an inlet (2) for a gas-air combustible mixt. and an outlet (3) for the exhaust gas. The chamber is filled with heat resistant porous material (5) having a pore size which increases in the flow direction of the gases so that at a boundary layer or in a specified zone (B) having a critical Peclet number is formed in the porous layer (5) above which flames form and below which combustion is suppressed. The critical Peclet number is pref. 65+/-25 and 25 for a natural gas-air mixt. which is esp. preferred.

USE - Used in lean burn premixed combustion in gas turbine combustor operation.

ADVANTAGE - Construction is simple, complete combustion is obtd. at a lower temp. as is good heat transfer and a stable flame.

Dwg.1/6

Title Terms: BURNER; GAS; TURBINE; COMBUST; OPERATE; COMPRISE; HOUSING;

CHAMBER; INLET; GAS; AIR; COMBUST; MIXTURE; UPPER; OUTLET; POROUS; FILL;
INCREASE; PORE; SIZE; GAS; FLOW; DIRECTION
Derwent Class: J09; Q73; Q74
International Patent Class (Main): F23C-011/00; F23D-014/02; F23D-014/12;
F23D-014/16
International Patent Class (Additional): F23D-014/14; F24H-001/40
File Segment: CPI; EngPI

1/5/6

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

007783103

WPI Acc No: 1989-048215/198907

XRAM Acc No: C89-021140

**Gas mixer and distributor for reactor - with 2nd inlet between 1st inlet
and entrance to reaction chamber where walls form tubular passages from
1st chamber to reaction chamber**

Patent Assignee: DAVY MCKEE CORP (POGC)

Inventor: DUNSTER M; KORCHNAK J D; MARTEN J H; DANSTER M; KORCHNAK J D;
MARTEN D H

Number of Countries: 024 Number of Patents: 018

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 303439	A	19890215	EP 88307343	A	19880809	198907 B
AU 8820988	A	19890216				198915
NO 8803606	A	19890313				198916
DK 8804532	A	19890215				198918
BR 8804104	A	19890502				198923
JP 1159037	A	19890622	JP 88200252	A	19880812	198931
US 4865820	A	19890912				198946
ZA 8805993	A	19900425	ZA 885993	A	19880812	199021
CN 1033753	A	19890712				199022
EP 303439	B1	19921014	EP 88307343	A	19880809	199242
DE 3875305	G	19921119	DE 3875305	A	19880809	199248
			EP 88307343	A	19880809	
SU 1711659	A3	19920207	SU 4356534	A	19880812	199252
CA 1314129	C	19930309	CA 574648	A	19880812	199315
ES 2035301	T3	19930416	EP 88307343	A	19880809	199324
NO 173127	B	19930726	NO 883606	A	19880812	199335
JP 2752383	B2	19980518	JP 88200252	A	19880812	199825
KR 9609153	B1	19960716	KR 8810307	A	19880812	199921
DK 174008	B	20020408	DK 884532	A	19880812	200232

Priority Applications (No Type Date): US 8785159 A 19870814

Cited Patents: A3...9029; DE 2616085; EP 214432; EP 272986; No-SR.Pub; US
3871838; US 3914089

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
EP 303439	A	E	10		
					Designated States (Regional): AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE
EP 303439	B1	E	14	C01B-003/38	
					Designated States (Regional): AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE
DE 3875305	G			C01B-003/38	Based on patent EP 303439
SU 1711659	A3		10	B01F-003/02	
CA 1314129	C			B01J-008/02	
ES 2035301	T3			C01B-003/38	Based on patent EP 303439
NO 173127	B			B01J-008/02	Previous Publ. patent NO 8803606
JP 2752383	B2		7	B01F-005/02	Previous Publ. patent JP 1159037
KR 9609153	B1			B01F-005/02	



18 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Pat ntschrift
10 DE 43 22 109 C 2

51 Int. Cl.7:
F 23 D 14/16

21 Aktenzeichen: P 43 22 109.2-13
22 Anmeldetag: 2. 7. 1993
43 Offenlegungstag: 12. 1. 1995
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 22. 2. 2001

DE 43 22 109 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Durst, Franz, Prof. Dr., 91094 Langensendelbach,
DE; Trimis, Dimosthenis, Dr.-Ing., 90419 Nürnberg,
DE; Applikations- und Technikzentrum für
Energieverfahrens-, Umwelt- und
Strömungstechnik, 92237 Sulzbach-Rosenberg, DE

74 Vertreter:

Hagemann, Braun & Held, 81679 München

72 Erfinder:

Durst, Franz, Prof. Dr. Dr.h.c., 91094
Langensendelbach, DE; Trimis, Dimosthenis, 90419
Nürnberg, DE; Dimaczek, Gerold, Dipl.-Ing., 91052
Erlangen, DE

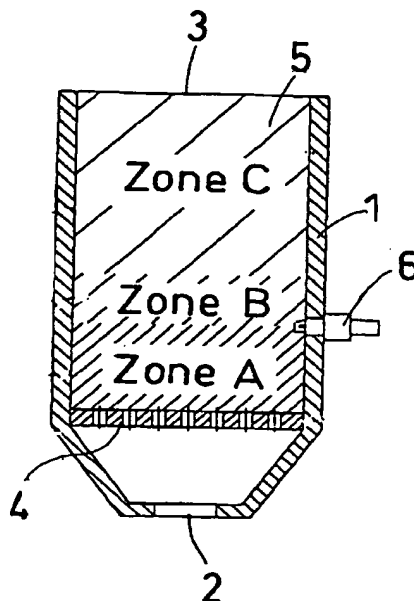
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE-PS 13 03 596
DE-OS 22 11 297
US 51 65 884

US-Z "Combustion and Flame" Vol. 87,
Nr. 2, Nov. 1991, S. 182-190;

54 Brenner für ein Gas/Luft-Gemisch

57 Brenner für ein Gas/Luft-Gemisch mit einem Gehäuse
(1), das einen Brennraum mit einem Einlaß (2) für das Ge-
misch, einen Bereich der Flammentwicklung und einen
Auslaß (3) für das Abgas aufweist und dessen Brennraum
ein poröses Material (5) mit zusammenhängenden Hohl-
räumen enthält, deren Porengröße sich in Flußrichtung
des Gemisches ändert, dadurch gekennzeichnet, daß der
gesamte den Brennraum bildende Bereich des Gehäuses
(1) mit dem porösen Material (5) ausgefüllt ist und daß die
Porengröße des Materials (5) längs des Brennraumes
vom Einlaß (2) zum Auslaß (3) zunimmt, wobei sich in ei-
ner Zone (B) oder an einer Grenzfläche (7) innerhalb des
Materials (5) für die Porengröße eine kritische Péclet-Zahl
ergibt, oberhalb der die Flammentwicklung erfolgt und
unterhalb der sie unterdrückt ist.



DE 43 22 109 C 2

Die Erfindung bezieht sich auf einen Brenner für ein Gas/-Luft-Gemisch mit einem Gehäuse, das einen Brennraum mit einem Einlaß für das Gemisch, einen Bereich der Flamentwicklung und einen Auslaß für das Abgas aufweist und dessen Brennraum ein poröses Material mit zusammenhängenden Hohlräumen enthält, deren Porengröße sich in Flußrichtung des Gemisches ändert.

Ein derartiger Brenner ist aus der DE-OS 22 11 297 bekannt. Dort ist ein Brenner mit an einem Wandelement frei brennenden Flammen offenbart. Das Wandelement ist in einem Gehäuse als poröser Körper ausgebildet, durch den ein Gas/Luft-Gemisch in den Innenraum des Brenners geführt wird. Die Porengröße nimmt in Strömungsrichtung ab. Dieser Porenkörper dient so nur dazu, ein Rückschlagen von Flammen zu verhindern.

In diesem Brenner werden Schadstoffe wie NO_x oder CO gebildet. Diese giftigen und gesundheitsschädlichen Gase entstehen bei hoher Flammentemperatur bzw. bei unvollständiger Verbrennung in instabilen Flammen. Eine unvollständige Verbrennung des Gas/Luft-Gemisches setzt auch den Wirkungsgrad herab.

Die DE-PS 13 03 596 beschreibt einen Strahlungsbrenner mit einem mehrschichtigen porösen Körper, wobei die Körnung der äußeren Schicht gröber als die der inneren Schicht ist. Gemäß dieser Druckschrift sollen die entzündeten Gase so nah wie möglich an der freiliegenden Vorderseite des porösen Körpers brennen. Die Flammentemperatur wird aufgrund des Porenkörpers vergleichmäßigt. Bei Strahlungsbrennern steigt die Strahlungsleistung mit der vierten Potenz der Temperatur, dies ist Grund, daß stets hohe Flammentemperaturen gefordert werden, die dann allerdings auch eine hohe Schadstoffemission nach sich ziehen.

Es ist allgemein bekannt, daß zur Reduzierung von Schadstoffen vor allem eine niedrige Flammentemperatur wichtig ist, wobei die Brennstoffe möglichst vollständig zu verbrennen sind. Hierbei werden Stabilitätsprobleme aber umso wichtiger, je geringer die Flammentemperatur gewählt wird.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Brenner für ein Gas/Luft-Gemisch gattungsgemäßer Art zu schaffen, bei dem die Flamme bei niedriger Temperatur und schadstoffemissionsstabil brennt.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß der gesamte den Brennraum bildende Bereich des Gehäuses mit dem porösen Material ausgefüllt ist und daß die Porengröße des Materials längs des Brennraumes vom Einlaß zum Auslaß zunimmt, wobei sich in einer Zone oder an einer Grenzfläche innerhalb des Materials für die Porengröße eine kritische Péclet-Zahl ergibt, oberhalb der die Flamentwicklung erfolgt und unterhalb der sie unterdrückt ist.

Nach diesem erfindungsgemäßen Vorschlag ist das Gehäuse mit einem porösen Material gefüllt, das die Eigenschaft besitzt, der Strömung des Gas/Luft-Gemisches einen Widerstand entgegenzusetzen, so daß die zur Verbrennung anstehende Gemischmenge gedrosselt wird.

Bei einer bestimmten Porengröße sind die chemische Reaktion der Flamme und die thermische Relaxation gleich groß, so daß unterhalb dieser Porengröße keine Flamme entstehen kann, darüber jedoch eine freie Entflammung stattfindet. Diese Bedingung wird geeigneterweise mit Hilfe der Péclet-Zahl beschrieben, die das Verhältnis von Wärmestrom infolge Transport zu Wärmestrom infolge Leitung angibt. Entsprechend der Porosität, bei der eine Entflammung einsetzen kann, gibt es eine überkritische Péclet-Zahl für die Flamentwicklung. Da die Flamme nur in dem Bereich mit der kritischen Péclet-Zahl entstehen kann, wird eine selbst-

stabilisierende Flammenfront im porösen Material erzeugt.

Die Verwendung eines porösen Materials im Brennraum bedingt auch eine hohe Wärmekapazität, wodurch eine im porösen Material lokal gespeicherte hohe Wärmeenergie und hohe Effizienzwerte in vorteilhafter Weise erreicht werden können. Weiter hat diese hohe Wärmekapazität auch den Vorteil, daß ein Wärmetauscher beispielsweise zur Erwärmung von Wasser, zur Erzeugung von Heißwasser oder Dampf im Brennraum mit guter Wärmeübertragung integriert werden kann. Die hohe Leistungsdichte ist auf eine hohe Verbrennungsgeschwindigkeit im porösen Medium und eine große Flammenfrontoberfläche, die aufgrund der Porosität entsteht, zurückzuführen.

Das poröse Material hat auch den Vorteil, daß in der Strömung des Gas/Luft-Gemisches eine hohe Turbulenz entsteht, wodurch bis zu 50 mal höhere als normale Verbrennungsgeschwindigkeiten erreicht werden können. Damit sind vor allem hohe Verbrennungsgrade verbunden. An einem weiter unten beschriebenen Ausführungsbeispiel wurden Messungen durchgeführt, die zeigen, daß für die Wärmeausnutzung Effizienzen größer als 95% erreicht werden können.

Da das poröse Material selbst die Flamme kühlt, werden entsprechend niedrige Flammentemperaturen in Verbindung mit niedrigen Emissionswerten erreicht. Es ist daher keine Abkühlung der Flamme nötig. Da das poröse Material dem Gasfluß selbst einen Widerstand entgegensetzt, arbeitet der erfindungsgemäße Brenner im wesentlichen unter einem weiten Druckbereich. Dadurch ist der Betrieb unter verschiedensten Drücken und sogar unter Hochdruck möglich. Für den erfindungsgemäßen Brenner ist also ein großer Anwendungsbereich gegeben.

Die Flamentwicklung im porösen Material ist bereits untersucht und beschrieben worden (V. S. Babkin, A. A. Korzhavin und V. A. Bunev: Propagation of Premixed Gaseous Explosion Flames in Porous Media. In: Combustion and Flame, Band 87, 1991, S. 182 bis 190). Von diesen Autoren wird der Ausbreitungsmechanismus für Flammen wie folgt beschrieben.

Im porösen Material werden Turbulenzen im Brennstofffluß erzeugt. Eine positive Rückkopplung zwischen Flammenbeschleunigung und der Erzeugung von Turbulenzen wird durch lokale Unterdrückung von chemischen Reaktionen aufgrund intensiven Wärmeaustausches in der turbulenten Flammenzone gedämpft. Wenn die charakteristische Zeit des thermischen Ausgleichs kleiner wird als die chemische Konversion, wird die Flammbildung verhindert. Da außerdem bei turbulenter Strömung die verschiedensten Geschwindigkeiten auftreten, werden die Anteile der Flamme mit maximalen Geschwindigkeiten unterdrückt, wodurch eine stabile Flammenausbreitung erzeugt wird.

Für die Péclet-Zahl wird von den Autoren die folgende Gleichung angegeben:

$$Pe = (S_L d_m c_p \rho) / \lambda,$$

wobei S_L die laminare Flammengeschwindigkeit, d_m der äquivalente Durchmesser für den mittleren Hohlraum des porösen Materials, c_p die spezifische Wärme des Gasgemisches, ρ die Dichte des Gasgemisches und λ die Wärmeleitfähigkeit des Gasgemisches ist. Die Gleichung zeigt, daß die Eigenschaften des porösen Materials nur über d_m in die Gleichung eingehen. Die Péclet-Zahl ist also unabhängig von den Materialeigenschaften und nur abhängig von der Porosität. Es können also beim erfindungsgemäßen Brenner die verschiedensten Materialien als poröses Material und unterschiedliche geometrische Formen verwendet werden.

Im übrigen sind alle in die Gleichung eingehenden Werte

meßbar, so daß mit Hilfe der angegebenen Gleichung eine technische Lehre gegeben ist, die sich auf die verschiedensten Gasgemische anwenden läßt.

Eigene Experimente führten zu einer kritischen Pécelt-Zahl von 65 ± 25 für die Flammenfortpflanzung in porösem Material, wobei die Varianz im wesentlichen durch extrem unterschiedliche Gaszusammensetzungen gegeben ist. Bei Erdgas/Luft-Gemischen ist aber im wesentlichen eine Pécelt-Zahl von 65 zu erwarten.

Aus der US 5 165 884 ist bereits eine Einrichtung zur schadstoffarmen Verbrennung von Gasen und Dämpfen in einem Reaktor bekannt, der poröses Material in Form keramischer Kugeln unterschiedlicher Größe enthält. Dabei werden Temperaturen an mehreren Stellen im Reaktor gemessen und die Flußrate und/oder Flußmenge in Abhängigkeit der Temperaturänderungen in der zur Verbrennung vorgesehenen Matrix gesteuert, wodurch eine Stabilisierung des Verbrennungsvorganges erfolgt. Aufgrund der Stabilisierung entsteht eine kühle Zone und eine heiße Zone, zwischen denen eine mittlere Zone für die Regelung eingestellt wird und in der sich eine Verbrennungswelle ausbreitet. Die Zonen beziehen sich hier aber ausschließlich auf die Temperatur und nicht auf die Matrix wie bei der Erfindung. Die Brennräume sind nicht durch Kugelschichten verwirklicht, sondern befinden sich darüber oder darunter. Über die Porengröße der Matrix ist nichts angegeben.

Weiter ist aus dieser Druckschrift nichts dafür entnehmbar, daß die Pécelt-Zahl für die Stabilisierung des Verbrennungsprozesses genutzt wird. Gegen eine Nutzung der Pécelt-Zahl spricht sogar die erwähnte Notwendigkeit einer Vorwärmung des Porenkörpers oberhalb der Zündtemperatur. Dies impliziert, daß der Porenkörper des Brennraums in einem Pécelt-Zahl-unterkritischen Bereich arbeitet. Dagegen findet der Verbrennungsprozeß bei der Erfindung in einem Pécelt-Zahl-überkritischen Bereich statt. Es sind auch keine speziellen Zonen mit unterkritischer und überkritischer Pécelt-Zahl ausgebildet.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die kritische Pécelt-Zahl gemäß Patentanspruch 2 wurde aufgrund von Versuchen für verschiedene Gas/Luft-Gemische ermittelt. Es ergibt sich jedoch eine große Streuung je nach Art des Gases, wobei aber festgestellt wurde, daß bei Gas/Luft-Gemischen unabhängig vom Mischungsverhältnis und von der Zusammensetzung des Erdgases die kritische Pécelt-Zahl 65 beträgt. Diese Erkenntnis zeigt, daß die Pécelt-Zahl der geeignete Parameter ist, um die Porosität des auszuwählenden Materials bei einem erfindungsgemäßen Brenner zu bestimmen. Die gegebene Lehre erlaubt dem Fachmann, ohne große Vorversuche, einen erfindungsgemäßen Brenner durch die Auslegung der Porosität des porösen Materials auf eine kritische Pécelt-Zahl von 65 hinsichtlich der Betriebsart festzulegen.

Der Brenner gemäß der erfindungsgemäßen Lehre kann einen kontinuierlichen Übergang von einer geringen Porosität zu einer hohen Porosität im Brennraum aufweisen, wobei dann die Flamentwicklung bei einer Porosität mit der kritischen Pécelt-Zahl beginnt. Da die kritische Pécelt-Zahl aber bei verschiedenen Gas/Luft-Gemischen auch variieren kann, hätte dies bei kontinuierlichem Verlauf der Porosität den Nachteil, daß sich die Flamme bei unterschiedlichen Bedingungen verschieben könnte. Um eine definierte Position für die Flamentwicklung zu schaffen, sind die Maßnahmen nach Patentanspruch 3 vorgesehen. Aufgrund dieser Maßnahmen ist die Flamentstehung auf die Fläche bzw. den Bereich zwischen den beiden Zonen festgelegt, und zwar im wesentlichen unabhängig von Betriebsparametern, die zu einer Variation der kritischen Pécelt-Zahl führen

könnten. Die Festlegung des Ortes der Flamentstehung erhöht also weiter die Stabilität und erlaubt es, einen Brenner zu bauen, der über einen weiten Einsatzbereich verwendbar ist. Aufgrund der Grenzwerte ist der gesamte bekannte Variationsbereich von kritischen Pécelt-Zahlen, die 65 ± 25 betragen können, abgedeckt. Die angegebenen Werte für die Auslegung der Zonen für Pécelt-Zahlen < 40 bzw. > 90 sind, wie später an dem Ausführungsbeispiel deutlich wird, einfach zu verwirklichen.

Das hitzebeständige poröse Material gemäß Patentanspruch 4 und 5 kann gefertigt werden, wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist. Die Hitzebeständigkeit muß für normale Haushaltsbrenner nicht besonders hoch sein, da die Flamme durch das poröse Material selbst gekühlt wird. Versuche haben gezeigt, daß bei erfindungsgemäßen Brennern mit einer Leistungsfähigkeit von 9 kW die Temperaturen unterhalb von 1400°C bleiben. Deshalb steht eine Vielzahl von möglichen Materialien zur Verfügung, so daß die Materialauswahl nicht nur nach technischen Gesichtspunkten getroffen werden kann, sondern ein Brenner auch bezüglich eines kostengünstigen Aufbaus und eines geringen fertigungstechnischen Aufwands optimiert werden kann.

Mit der Art von Materialien nach Patentanspruch 6 läßt sich eine Porosität in einfacher Weise erzeugen. Das poröse Material kann aus locker geschichteten Körnern bestehen, es kann aber auch zu einer zusammenhängenden porösen Masse verfestigt sein. Schüttgut hat vor allem den Vorteil, daß es leicht in das Gehäuse einfüllbar ist und fertigungstechnisch sehr einfach gehandhabt werden kann. Es ist aber auch bei der Brennerwartung, beispielsweise für eine Reinigung, einfach möglich, Schüttgut wieder aus dem Gehäuse zu entfernen.

Das Schüttgut gemäß Patentanspruch 7 entspricht in jeder Hinsicht den technischen Anforderungen für einen erfindungsgemäßen Brenner. Es ist leicht erhältlich und liegt auch preislich in einem vertretbaren Bereich, so daß ein kostengünstiger und fertigungstechnisch einfacher Aufbau des Brenners ermöglicht wird.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung nach Patentanspruch 8 besteht das Schüttgut in der Nähe des Einlasses aus Körnern kugelförmiger Form mit mittleren Durchmessern von 5 mm und im nachfolgenden Bereich mit mittleren Durchmessern > 11 mm, wenn der Durchmesser zur Erreichung der kritischen Pécelt-Zahl zwischen 5 und 11 mm liegt und insbesondere 9 mm beträgt.

Wenn die Körner des Schüttgutes kugelförmig sind, läßt sich bei der Fertigung die Gleichmäßigkeit des Schüttgutes leicht kontrollieren. Insbesondere gilt das auch für die erreichbare Porosität, die dann nur durch den Durchmesser der kugelförmigen Körner und deren Anordnung in der Schüttung bestimmt ist. Es hat sich bei Stahl, Steatit oder Al_2O_3 und bei Verwendung von Gas/Luft-Gemischen gezeigt, daß die Pécelt-Zahl von 65 bei Kugeln mit einem Durchmesser von 9 mm und Pécelt-Zahlen von 40 bzw. 90 bei Durchmessern von ungefähr 11 bzw. 5 mm erreicht werden. Bei dieser Weiterbildung wird also die erforderliche Porosität mit einfachen Mitteln erzielt, vor allem da Schüttgut der genannten Art und der entsprechenden Größe leicht verfügbar ist.

Durch Einsatz von Katalysatormaterial läßt sich gemäß Patentanspruch 9 vor allem die NO_x - und CO -Emission verringern.

Da aufgrund der Porosität eine große Oberfläche zur Wechselwirkung mit dem Gas vorhanden ist, ist zu erwarten, daß ein Katalysator effektiv wirkt. Außerdem läßt sich der erfindungsgemäße Brenner mit Katalysatormaterial einfach ausstatten, wodurch sehr schnell ein fertigungsreifer, serienmäßig verfügbarer Katalysatorbrenner möglich gemacht wird.

Im Prinzip könnte man die Wärme, die in das Gehäuse abfließt, auch mit Isoliermaterial gegenüber der Außenwelt abschirmen, jedoch hat eine Kühlung gemäß Patentanspruch 10 bis 12 den Vorteil, daß die Wärme von dem Kühlmittel aufgenommen und dann weiterverwendet werden kann. Aufgrund dessen kann die Effizienz eines erfindungsgemäßen Brenners weiter erhöht werden. Dabei kann eine Überwachungseinrichtung vorgesehen sein, die bei Ausfall des Kühlmittels die Zufuhr von Brennstoff in den Brennraum blockiert. Bei Kühlmittelströmen kann nämlich nicht ausgeschlossen werden, daß der Strom des Kühlmittels durch Leitungsbruch oder Verstopfung der Kühlschlange unterbrochen wird, wodurch sich die Außenwand des Brenners aufheizen könnte, was zu Brand oder Verbrennungen führen kann. Aufgrund dieser Maßnahmen läßt sich also eine hohe Effizienz des Brenners bei gleichzeitiger Kühlung der Außenwand erzeugen, wobei eine große Sicherheit gewährleistet ist.

Mit Hilfe der inneren Kühlvorrichtung nach Patentanspruch 13, die als Kühlschlange ausgebildet sein kann, wird die Wärme im Brenner z. B. als Heißwasser oder Dampf abgeführt und kann in weiteren Prozessen zur Heizung oder zum Betrieb von Turbinen weiterverwendet werden. Die Wärmeübertragung erfolgt hier nicht durch direkte Wechselwirkung des heißen Gases mit der Kühlvorrichtung, sondern zum größten Teil über das poröse Material, wodurch eine gute Wärmeübertragung gewährleistet ist. Auch dies dient zur Erhöhung der Effizienz.

Aufgrund der Maßnahme gemäß Patentanspruch 14 wird die Energie, die durch die Kühlung des Gehäuses im Kühlmittel aufgenommen wird, in denselben Kreis geführt, in dem die Wärme in dem Kühlmittel zum Wärmetauschen verwendet wird. Vorzugsweise wird das Kühlmittel dabei erst zur Kühlung des Gehäuses verwendet und anschließend in den Innenraum des Brenners geleitet, wo es mit dem porösen Material hoher Temperatur wechselwirkt. So wird die gesamte vom Brenner erzeugte Wärme im Kühlmittel aufgenommen, wodurch die Effizienz weiter erhöht wird.

Je effektiver der Übergang der im Brenner erzeugten Wärme auf die Kühlvorrichtung innerhalb des Brenners ist, desto wirkungsvoller erfolgt die Wärmeübertragung. Außerdem bildet die Kühlvorrichtung im Brenner einen weiteren Strömungswiderstand, der bei der Auslegung des porösen Materials im Bereich der Kühlvorrichtung berücksichtigt werden kann. Die Kühlvorrichtung wirkt dann also ähnlich wie das poröse Material. Die Menge porösen Materials kann dann verringert werden, wobei auch eine wirkungsvollere Wärmeübertragung erreicht wird, wenn die Kühlvorrichtung gemäß der Weiterbildung nach Patentanspruch 15 ausgebildet ist.

Bei der Optimierung des Brenners sollte auch der Abstand der Kühlvorrichtung von der Flamme möglichst günstig gewählt werden. Die höchste Temperatur erreicht man zwar in der Nähe der Flamme, es können jedoch auch für geringere Temperaturen geeignete Materialien zur Ausbildung der Kühlvorrichtung ausgewählt werden, wenn diese sich außerhalb des Flammbereichs befindet. Außerdem wird die Flamme durch die Kühlvorrichtung nicht zusätzlich gekühlt, wenn diese außerhalb des Flammbereichs liegt, was die Stabilität der Flamme zusätzlich erhöht. Dies berücksichtigt die vorzugsweise Weiterbildung gemäß Patentanspruch 16. Auf die Wärmeübertragung von Flamme zur Kühlvorrichtung hat das aufgrund der guten Wärmeleitung im porösen Material nur wenig Einfluß.

Bei der vorzugsweisen Weiterbildung nach Patentanspruch 17 wird die Flamme durch die Kühlung des äußeren Gehäuses nicht beeinflusst, und die CO-Emission, die durch unvollständige oder instabile Verbrennungen entsteht, wei-

ter gedrückt.

In gleicher Weise wirkt sich bei der vorteilhaften Weiterbildung gemäß Patentanspruch 18 der Spalt aus, der größer als 1 mm sein sollte. Versuche an Ausführungsbeispielen haben gezeigt, daß die höchste Effektivität dann erreicht wird, wenn die Porosität mit Schüttgut erzeugt wird und die Kühlvorrichtung in einem Abstand von 2 bis 4 Korngrößen der Schüttung von dem Grenzbereich mit der kritischen Péclet-Zahl 65 angeordnet ist.

Im Prinzip könnte das Gas/Luft-Gemisch an allen Stellen des Brenners entzündet werden, an denen ein brennfähiges Gas/Luft-Gemisch vorhanden ist, beispielsweise vom Auslaß her. Gemäß der Weiterbildung nach Patentanspruch 19 erfolgt die Zündung aber in einem Bereich, in dem die Porosität die kritische Péclet-Zahl aufweist. Dadurch wird die Flamme genau in dem Bereich gezündet, in dem sie auch im stabilen Zustand brennt. Aufgrund dessen wird eine hohe Stabilität schon im Zeitpunkt der Entflammung bewirkt, da an anderen Stellen erst ein Rückschlagen der Flamme erfolgen müßte, dies jedoch bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten des Brennstoffes gar nicht möglich ist. In diesem Fall könnte eine Zündung nur bei zwischenzeitlicher Reduzierung des Brennstoffflusses erfolgen. Dadurch ist der apparative Aufwand in hohem Maße reduziert, da eine Regelung des Zündvorganges unterbleiben kann.

Aufgrund des porösen Materials ist zwar kein Rückschlagen der Flamme zu erwarten, da die Péclet-Zahl im Einlaßbereich keine Ausbildung einer Flamme erlaubt. Dennoch ist gemäß Patentanspruch 20 vor allem aus Sicherheitsgründen eine Flammenfalle vorgesehen, die beispielsweise dann wichtig sein kann, wenn nach Reinigungsarbeiten das die hohe Porosität aufweisende Schüttgut versehentlich in den Einlaßbereich eingefüllt worden ist. Vorzugsweise ist die Flammenfalle eine Platte, die eine Vielzahl von Löchern mit einem Durchmesser kleiner als der für die jeweiligen Brennstoffe kritische Lösch-Durchmesser aufweist. Es hat sich gezeigt, daß diese Flammenfalle bei Erdgas/Luft-Gemischen wirksam ist. Ihr großer Vorteil liegt vor allem in der Einfachheit der Herstellung und in der sehr kostengünstigen Ausführung. Der Aufwand für die Flammenfalle wird daher gering gehalten und bleibt vertretbar, so daß eine zusätzliche Flammenfalle wirtschaftlich vertretbar eingesetzt werden kann, obwohl sie im Normalfall für den erfindungsgemäßen Brenner nicht notwendig ist.

Aufgrund der hohen Leistungsdichte und der großen Menge Materials zur Aufnahme von Wärme ist es auch einfach, den erfindungsgemäßen Brenner nach Art eines Brennwertkessels zu betreiben, da die Abgastemperatur bei diesen stark reduziert ist. Das dabei jedoch entstehende Kondensat muß abgeführt werden. Dies ist bei dem erfindungsgemäßen Brenner einfach zu bewerkstelligen, denn es wurde bei Versuchsmodellen festgestellt, daß diese in jeder Lage, sogar mit Flammentwicklung entgegen der Schwerkraft betrieben werden können. Bei dem mit dem Auslaß nach unten angeordneten Brenner nach Patentanspruch 21 kann das Kondensat in einfacher Weise durch diesen abfließen, so daß keine zusätzlichen Maßnahmen getroffen werden müssen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 eine erste Ausführungsform eines Brenners mit drei Zonen;

Fig. 2 eine weitere Ausführungsform des Brenners mit zwei Zonen;

Fig. 3 ein Diagramm für Péclet-Zahlen in Abhängigkeit des Kugeldurchmessers bei einer Kugelschüttung;

Fig. 4 ein Diagramm für den Temperaturverlauf innerhalb des porösen Materials des Brenners gemäß Fig. 2;

Fig. 5 einen Schnitt durch einen als Wassererhitzer oder Dampferzeuger ausgelegten Brenner entsprechend der in Fig. 2 gezeigten, jedoch mit dem Auslaß nach unten angeordneten Ausführungsform und

Fig. 6 einen Schnitt durch einen mit einem Einsatz versehenen Brenner.

Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung einen Brenner mit einem Gehäuse 1, welches einen Einlaß 2 für ein Gas/Luft-Gemisch und einen Auslaß 3 für die Abgase aufweist. In einem Abstand vom Einlaß 2 ist eine Flammenfalle 4 vorgesehen, welche den Innenraum des Gehäuses 1 unterteilt. Der zwischen dieser Flammenfalle 4 und dem Auslaß 3 gelegene Teil des Innenraumes des Gehäuses 1 ist mit einem porösen Material 5 ausgefüllt. Weiter ist eine Zündvorrichtung 6 zur Zündung des Gemisches vorgesehen.

Das poröse Material 5 weist örtlich unterschiedliche Porositäten auf, und zwar entsprechend den unterschiedlich schraffierten Zonen A, B und C. In Zone A sind die Poren so klein, daß die sich daraus ergebende Péclet-Zahl kleiner als die kritische Péclet-Zahl (65 für Erdgas/Luft-Gemische) ist. Die kritische Péclet-Zahl ist der Grenzwert, oberhalb dem eine Flamme entstehen kann bzw. unterhalb dem eine Flamme unterdrückt wird. In Zone C ist die Péclet-Zahl wesentlich größer als die kritische Péclet-Zahl, so daß sich dort eine Flamme entwickeln kann. Zone B stellt einen Übergangsbereich dar, innerhalb dem die Porosität die kritische Péclet-Zahl erreicht.

Aufgrund der oben dargestellten physikalischen Gesetzmäßigkeiten für die Flammenentwicklung im porösen Material kann die Flamme nur in Zone B entstehen, und zwar nur an den Stellen, an denen die Porosität die kritische Péclet-Zahl erreicht. Das poröse Material kühlt dabei die Flamme, so daß nur wenig NO_x erzeugt wird. Die Innenflächen der Hohlräume des porösen Materials, insbesondere des der Zone B, können auch mit einem Katalysator beschichtet werden, wodurch eine weitere Verringerung des NO_x - und CO-Anteils im Abgas erreicht wird.

Bei starken Änderungen der physikalischen Parameter innerhalb der Zone B können sich die Flammenansätze verschieben, so daß eine örtliche Flammenstabilität prinzipiell nicht gegeben ist. Andererseits hat die durch die Zone B gegebene Übergangsschicht den Vorteil, daß sich die Flammenfront bei den kleinstmöglichen Hohlräumen stabilisiert, wodurch der bestmögliche Wärmeübergang von der Flamme zum porösen Material gewährleistet ist.

Wird jedoch auf eine örtliche stabile Flamme Wert gelegt, kann ein Brenner nach dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel verwendet werden. Bei diesem ist gegenüber dem in Fig. 1 beschriebenen die Zone B weggelassen worden, so daß nur die zwei Zonen A und C vorhanden sind. Hier stabilisiert sich die Flamme aufgrund der oben dargestellten Gesetzmäßigkeiten an der Grenzschicht zwischen Zone A und Zone C. Die Flamme ist also durch die Grenzfläche festgelegt und daher ortsstabil. Aufgrund der Varianz von ± 25 der angegebenen Péclet-Zahl von 65 ist in Zone A eine Porosität vorzusehen, deren Péclet-Zahl kleiner als 40 ist, und in der Zone C eine Porosität, die einer Péclet-Zahl von größer als 90 entspricht. Dann bestimmt die Grenzschicht für einen großen Bereich von Gas/Luft-Gemischen den Ort der Flammenentwicklung, wodurch die Stabilität für einen großen Bereich von Gasparametern gewährleistet wird.

Für das poröse Material können unterschiedliche Materialien, z. B. Keramikwerkstoffe, verwendet werden. Es sind aber auch hitzebeständige Schaumkunststoffe möglich. Bei den folgenden Betrachtungen wird als poröses Material Schüttgut mit runden Körnern verwendet. Bei Schüttgut mit runden Körnern läßt sich der in die Gleichung für die Péclet-Zahl eingehende Pa-

rameter d_m für die Porosität aufgrund von geometrischen Überlegungen berechnen als $d_m = \delta/2,77$, wobei δ der Durchmesser der kugelförmigen Körner des Schüttguts ist.

Entsprechend der oben angegebenen Gleichung wurden für Erdgas/Luft-Gemische Péclet-Zahlen in Abhängigkeit vom Durchmesser δ berechnet, die in Fig. 3 dargestellt sind. Für die Berechnung wurde eine stöchiometrische laminare Flammengeschwindigkeit S_L von 0,4 mm/s angenommen. Die Péclet-Zahl von 65 wird bei einem Kugelradius von 9 mm erreicht, während die genannten Péclet-Zahlen von 4 bzw. 90 bei 6 mm bzw. bei 12,5 mm gegeben sind.

In einem Versuchsaufbau gemäß Fig. 2 wurden Körner mit Durchmessern von 5 mm in Zone A und 11 mm in Zone C verwendet. Dabei wurden unterschiedlichste Testmaterialien verwendet, z. B. Kugeln aus poliertem Stahl sowie Keramikkörner unterschiedlichster Zusammensetzungen und Größen, wie Steatit oder Al_2O_3 . Es zeigte sich, daß alle diese Materialien geeignet sind.

Der Temperaturverlauf in Flußrichtung des Gas/Luft-Gemisches über der Höhe Z des Gehäuses 1 in einem derartigen Versuchsbrenner ist in Fig. 4 für verschiedene Leistungen P dargestellt, wobei der Mantel von außen gekühlt wurde. Es zeigte sich, daß selbst bei hohen Leistungen von 9 kW die höchste Temperatur unter 1500°C lag. Deshalb können alle Materialien verwendet werden, die bis 1500°C temperaturstabil sind.

In Fig. 4 ist eine erste senkrechte Linie eingezeichnet, die die Grenzfläche zwischen der Zone A und der Zone C darstellt. Es ist deutlich erkennbar, daß die höchste Temperatur an der Grenzfläche bzw. kurz hinter der Grenzfläche in der Zone C entsteht.

Weiter ist aus Fig. 4 erkennbar, daß die Temperaturen zum Auslaß 3 (zweite senkrechte Linie) hin stark abfallen. Es kann also eine Abgastemperatur unterhalb des Taupunkts erreicht werden, wodurch sich eine Eignung dieses Brenners für einen Brennwerkessel ergibt. Allerdings muß aber das dabei entstehende Kondensat abgeführt werden. Es hat sich gezeigt, daß der Brenner unabhängig von seiner Lage zum Schwerfeld der Erde stabil arbeitet, so daß er auch waagrecht oder mit dem Auslaß 3 nach unten betrieben werden kann. Bei dieser letzten Anordnung kann das Kondensat aus dem Brenner herausfließen.

Die niedrige Abgastemperatur am Auslaß zeigt auch, daß die Wärme des verbrannten Gas/Luft-Gemisches fast vollständig von dem porösen Material aufgenommen wird, wodurch der Bau eines Wärmetauschers mit großer Effizienz ermöglicht wird. Mit einem Brenner nach dem Ausführungsbeispiel von Fig. 2 ist es möglich, einen Wassererhitzer mit einer Leistung von 5 kW, einer Abgastemperatur von 60°C und einem Wirkungsgrad von 95% zu bauen. Die baulichen Abmessungen des Brenners können dabei sehr klein gehalten werden, so beträgt die Länge des Brenners nur 15 cm und der Durchmesser 8 cm. Die geringen Abmessungen sind vor allem auf die hohe Leistungsdichte zurückzuführen, die mit Hilfe von porösem Material erreicht werden kann.

Fig. 4 zeigt auch, daß die höchsten Temperaturen kurz hinter der Grenzfläche zwischen Zone A und Zone C entstehen. Hieraus folgt, daß für die Erzeugung heißen Dampfes die Wärmeübertragung von der Flamme auf das zu erheizende Wasser in der Nähe dieser Grenzfläche stattfinden sollte. Eine zur Dampferzeugung vorgesehene Wasser führende Kühlvorrichtung sollte daher in dem Bereich des porösen Materials verlaufen, der ungefähr 3 cm von der Grenzfläche entfernt ist. Da die Flamme zur Erhaltung ihrer Stabilität nicht selbst abgekühlt werden soll, ist die Kühlvorrichtung in die Nähe der Grenzschicht zu verlegen, aber nicht in den Flammbereich. Sollten Materialprobleme auf-

grund der hohen Temperaturen bei der Ausführung der Kühlvorrichtung entstehen, sind größere Abstände vorzuziehen.

Fig. 5 zeigt den schematischen Aufbau eines zum Erhitzen von Wasser bzw. zum Erzeugen von Dampf geeigneten Brenners. Dieser umfaßt im wesentlichen wieder das Gehäuse 1, den Einlaß 2, den Auslaß 3, die Flammenfalle 4, die Zündvorrichtung 6 und das poröse Material 5. Der Brenner ist mit seinem Auslaß 3 nach unten angeordnet, so daß Kondensat leicht abfließen kann. Das poröse Material 5 ist nur schematisch durch gleich große Kugeln angedeutet. Dies entspricht nicht den realen Gegebenheiten, denn die Porosität des porösen Materials ändert sich ja entlang der Flußrichtung des Gas/Luft-Gemisches, wobei die Kugeln im Einlaßbereich einen geringeren Durchmesser als im Auslaßbereich aufweisen.

Die Grenzfläche 7 zwischen den Zonen A und C ist durch eine unterbrochene Linie angedeutet. Wie vorstehend schon erläutert, entsteht die Flamme an dieser Grenzfläche 7 und überträgt ihre Wärme im wesentlichen in einem Bereich von wenigen cm in der Zone C auf das poröse Material 5.

Zusätzlich ist eine das Gehäuse 1 umgehende bzw. dieses sogar bildende äußere Kühlvorrichtung 8 vorgesehen, die als um das Gehäuse 1 angeordnete Kühlschlange ausgebildet ist und die Wärmeabfuhr nach außen verhindert. Die Kühlschlange wird von Wasser durchflossen und ist mit einem Wasserwächter versehen, der bei Ausfall von Kühlmittel den Zustrom des Gas/Luft-Gemisches in den Einlaß 2 unterbricht, so daß das Gehäuse 1 stets gekühlt wird, wenn der Brenner in Betrieb ist. So wird sichergestellt, daß sich die Außenwand nicht zu stark erwärmen kann, wodurch wiederum verhindert wird, daß man sich am Gehäuse 1 verbrennen kann oder von diesem ein Brand ausgelöst wird. Die von der Gehäusewand durch die Kühlschlange abgeführte Wärme kann weiterverwendet werden, dadurch erhöht sich die Effizienz bei der Heißwasser- oder Dampferzeugung.

Weiter zeigt Fig. 5 die Anordnung einer inneren Kühlvorrichtung 9, die sich vom Auslaß 3 her bis kurz vor der Grenzfläche 7 in das poröse Material 5 der Zone C erstreckt.

Die innere Kühlvorrichtung 9 ist nur schematisch angedeutet, in der Praxis kann sie z. B. die Form einer Spirale aufweisen, damit ein möglichst guter Wärmeübergang vom porösen Material 5 gewährleistet ist. Es sind aber auch kompliziertere Ausführungsformen für die Kühlvorrichtung 9 denkbar. So kann diese beispielsweise selbst das poröse Material bilden bzw. zur Porosität beitragen, wodurch ein noch besserer Wärmeübergang möglich wird.

Die äußere Kühlvorrichtung 8 ist mit der inneren Kühlvorrichtung 9 in Reihe verbunden, wodurch das schon durch das Gehäuse 1 vorgewärmte Wasser in die innere Kühlvorrichtung 9 geführt wird und zur Erhitzung des Wassers bzw. für die Erzeugung von Dampf mitverwendet wird.

Um zu vermeiden, daß die Flamme im Brennraum nicht durch zu starke Abkühlung durch die äußere Kühlvorrichtung 8 beeinflusst wird, ist, wie aus Fig. 6 ersichtlich, im Flammbereich des Brennraumes ein Einsatz 10 vorgesehen, der das poröse Material 5 aufnimmt und die Innenwand des Gehäuses 1 gegen direkte Wärmebestrahlung abschirmt. Der Einsatz 10 kann auch so ausgebildet sein, daß er in einem Abstand von der Innenwand des Gehäuses 1 angeordnet ist, so daß sich zwischen der Innenwand und dem Einsatz 10 ein Spalt 11 bildet, der frei von dem brennbaren Gas/Luft-Gemisch ist.

Durch diese Ausbildung des Brennraumes im Flammbereich werden die CO-Emissionen, die durch unvollständige oder instabile Verbrennung entstehen, weiter unterdrückt.

Da die Flamme wegen der geringen Péclet-Zahl in der Zone A nicht zum Einlaß 2 durchschlagen kann, ist die

Flammenfalle lediglich zur Erhöhung der Sicherheit vorgesehen. Die Flammenfalle 4 besteht im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5 aus einem 4 mm dicken Stahlblech, in das eine Vielzahl von Löchern mit einem Durchmesser von 1 mm gebohrt wurde, wobei die Dichte der Löcher kleiner als 20/cm² ist.

Die Zündvorrichtung 6 befindet sich in der Nähe der Grenzfläche 7, um eine besonders wirkungsvolle Zündung zu ermöglichen. Im Ausführungsbeispiel brennt die Flamme selbststabilisierend an der Grenzfläche 7.

Die vorbeschriebenen Ausführungsbeispiele zeigen den einfachen Aufbau des Brenners bei geringer Temperatur, guter Wärmeübertragung sowie einer stabilen Flamme. Bei unvollständiger Verbrennung ist es auch möglich, den Brenner überstöchiometrisch zu betreiben oder durch das Vorsehen von Katalysatormaterial in dem porösen Material eine bessere Verbrennung durchzuführen, wobei der Schadstoffanteil im Abgas noch weiter reduziert wird.

Patentansprüche

1. Brenner für ein Gas/Luft-Gemisch mit einem Gehäuse (1), das einen Brennraum mit einem Einlaß (2) für das Gemisch, einen Bereich der Flammentwicklung und einen Auslaß (3) für das Abgas aufweist und dessen Brennraum ein poröses Material (5) mit zusammenhängenden Hohlräumen enthält, deren Porengröße sich in Flußrichtung des Gemisches ändert, **dadurch gekennzeichnet**, daß der gesamte den Brennraum bildende Bereich des Gehäuses (1) mit dem porösen Material (5) ausgefüllt ist und daß die Porengröße des Materials (5) längs des Brennraumes vom Einlaß (2) zum Auslaß (3) zunimmt, wobei sich in einer Zone (B) oder an einer Grenzfläche (7) innerhalb des Materials (5) für die Porengröße eine kritische Péclet-Zahl ergibt, oberhalb der die Flammentwicklung erfolgt und unterhalb der sie unterdrückt ist.
2. Brenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die kritische Péclet-Zahl 65 ± 25 , insbesondere 65 für Erdgas/Luft-Gemische, beträgt.
3. Brenner nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei zwei in Flußrichtung des Gemisches hintereinander liegenden Zonen (A, C) unterschiedlicher Porengröße die dem Einlaß (2) nachgeordnete erste Zone (A) eine Porengröße aufweist, die eine Péclet-Zahl ≤ 40 ergibt, und die zweite Zone (C) eine Porengröße aufweist, die eine Péclet-Zahl ≤ 40 ergibt.
4. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das poröse Material (5) hitzebeständiger Schaumkunststoff, Keramik oder Metall ist.
5. Brenner nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das poröse Material (5) bis zu einer Temperatur von 1500°C hitzebeständig ist.
6. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das poröse Material (5) Füllkörper sind, z. B. in Form von Schüttgut, welches durch Sinterung verfestigt ist.
7. Brenner nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Schüttgut Metall oder Keramik, insbesondere Steatit oder Al_2O_3 enthält.
8. Brenner nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Schüttgut in der Nähe des Einlasses (2) aus Körnern kugelförmiger Form mit mittleren Durchmessern von 5 mm und im nachfolgenden Bereich mit mittleren Durchmessern ≥ 11 mm besteht, wenn bei atmosphärischem Druck der Durchmesser zur Erreichung der kritischen Péclet-Zahl zwischen 5 und 11 mm liegt, insbesondere 9 mm beträgt.

9. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenflächen der Hohlräume des porösen Materials (5) bzw. die Oberflächen der Körner des Schüttguts mit einem Katalysatormaterial beschichtet sind. 5
10. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (1) zumindest teilweise eine Kühlvorrichtung (8) aufweist.
11. Brenner nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlvorrichtung (8) als eine das Gehäuse (1) umgebende oder dieses bildende Kühlschlange ausgebildet ist, durch welche ein Kühlmittel, insbesondere Wasser fließt. 10
12. Brenner nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine Überwachungseinrichtung vorgesehen ist, die bei Ausfall des Kühlmittels die Zufuhr von Brennstoff in den Brennraum blockiert. 15
13. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Bereich größerer Poren des Materials (5) eine innere Kühlvorrichtung (9) angeordnet ist. 20
14. Brenner nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlvorrichtung (8) des Gehäuses (1) mit der inneren Kühlvorrichtung (9) in Reihe geschaltet ist. 25
15. Brenner nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß die innere Kühlvorrichtung (9) so ausgebildet ist, daß diese zumindest teilweise als poröses Material wirkt und/oder poröses Material ersetzt.
16. Brenner nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand der inneren Kühlvorrichtung (9) von der Zone (B) oder der Grenzfläche (7) mit der kritischen Péclet-Zahl mindestens so groß ist, daß die Kühlvorrichtung (9) mit der Flamme nicht in Berührung kommt. 30
17. Brenner nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenwand des Gehäuses (1) mindestens im Flammbereich durch eine Vorrichtung, beispielsweise als Einsatz (10), gegen direkte Wärmebestrahlung abgeschirmt ist. 35
18. Brenner nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung in einem einen Spalt (11) freilassenden Abstand von der Innenwand des Gehäuses (1) angeordnet ist, der frei von dem Gas/Luft-Gemisch ist. 40
19. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß eine Zündvorrichtung (6) so angeordnet ist, daß die Entflammung des Gas/Luft-Gemisches in einem Bereich mit einer Porosität erfolgt, die die kritische Péclet-Zahl aufweist. 45
20. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Einlaß (2) und porösem Material (5) eine Flammenfalle (4) angeordnet ist, insbesondere eine Platte mit einer Vielzahl von Löchern. 50
21. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß Einlaß (2), Auslaß (3) und poröses Material (5) so angeordnet sind, daß Kondensat durch den Auslaß (3) abfließen kann. 55

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

60

65

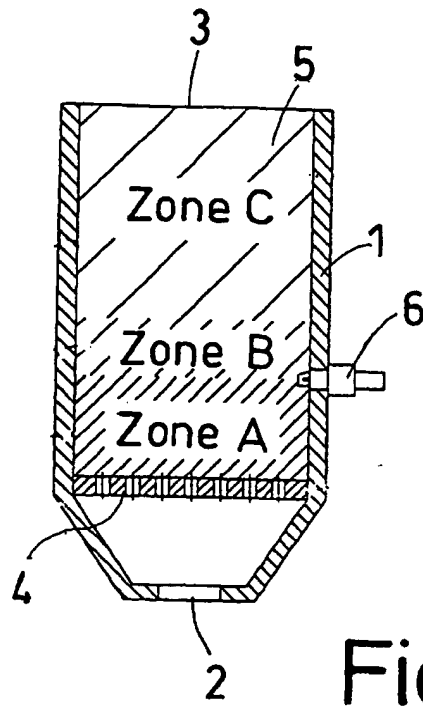


Fig.1

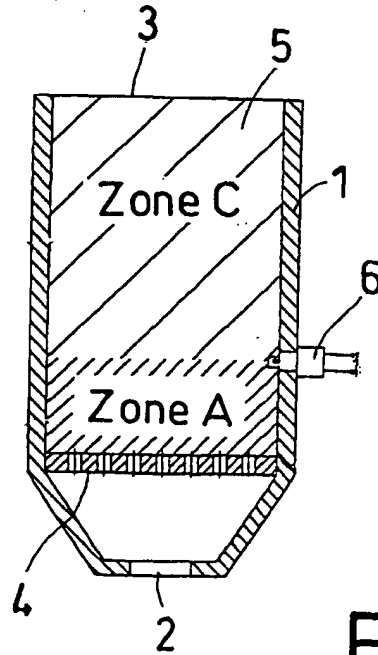


Fig.2

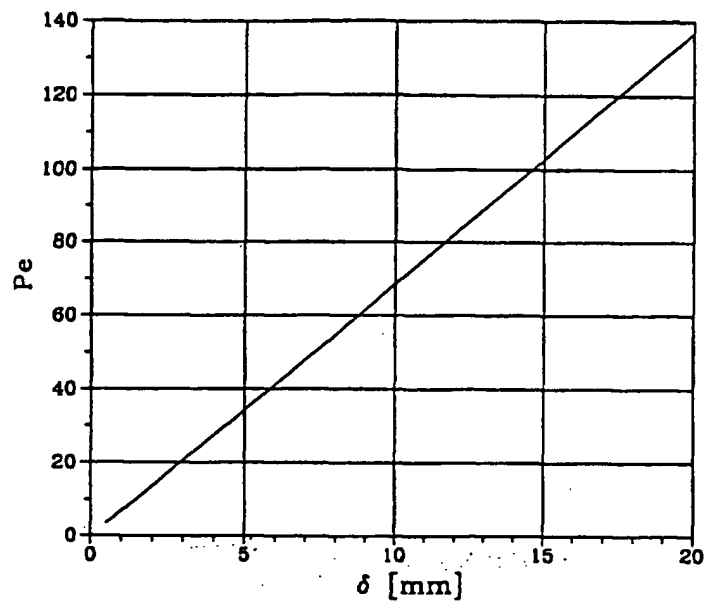


Fig.3

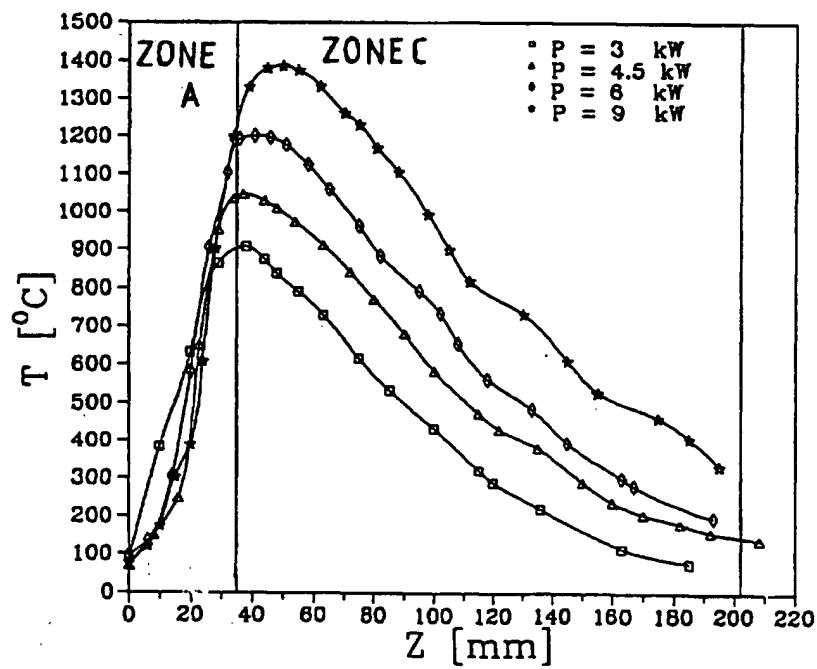


Fig.4

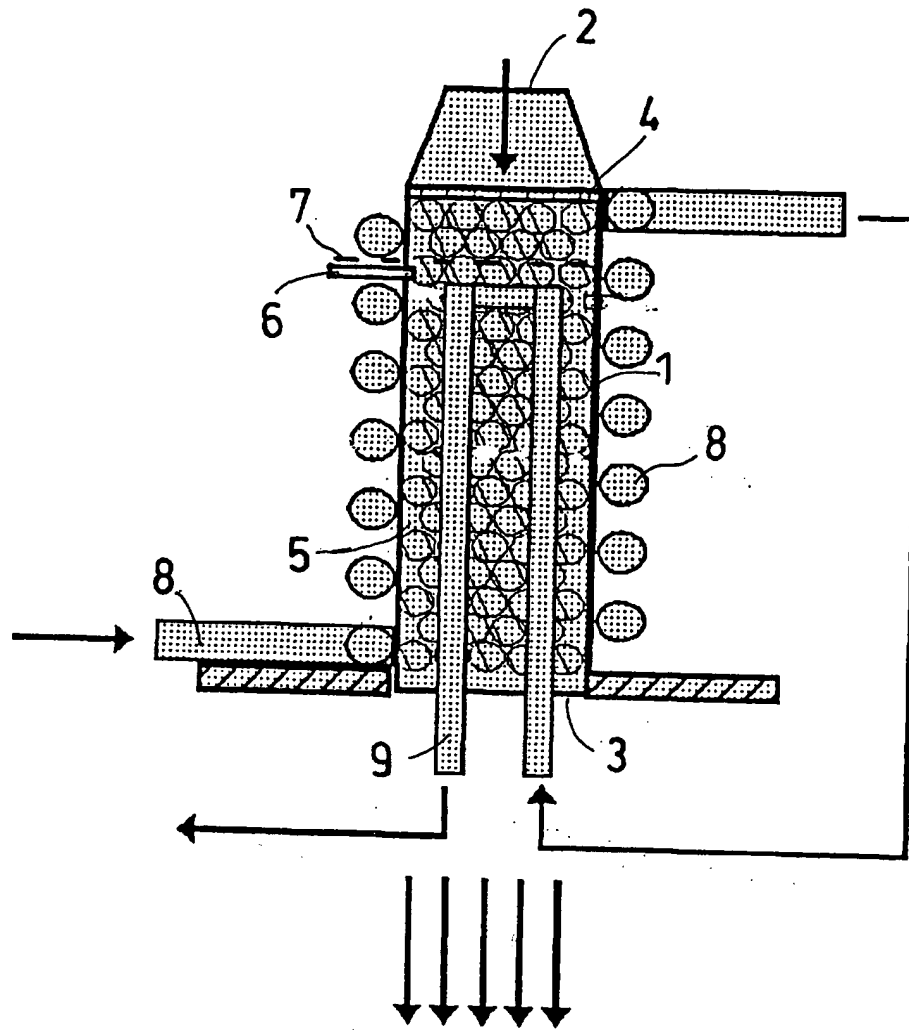


Fig.5

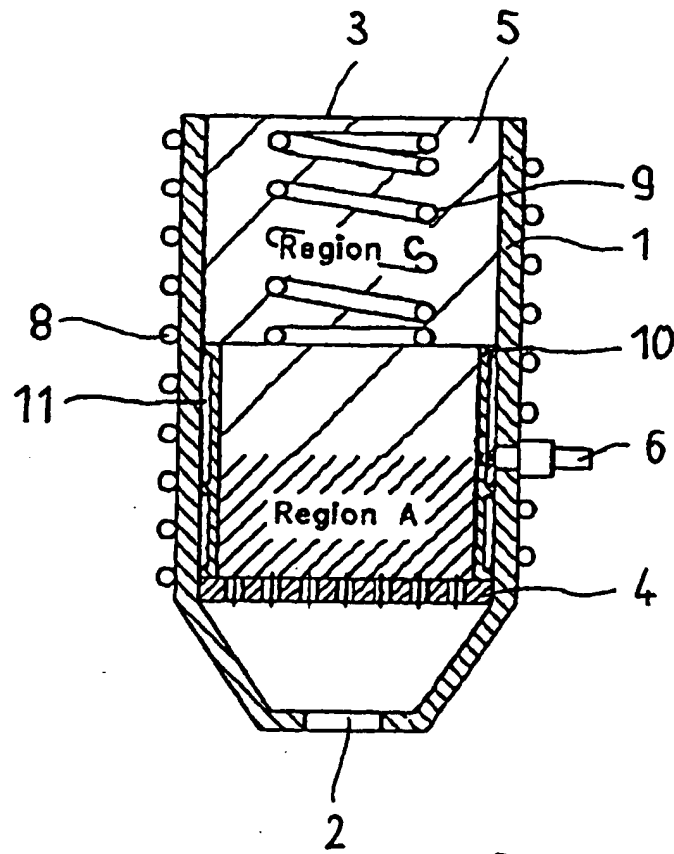


Fig. 6